

parametrlariga bog‘liq, masalan, panjara issiqlik o‘tkazuvchanligi χ_p , harakatchanlik μ va zaryad tashuvchilarning samarali massasi m^* va birinchi taxminiy jihatdan bu parametrlar kiritilgan. Bi_2Te_3 asosidagi materiallardan tayyorlangan termoelementlar shoxlarining tuzilishi ham termoelektr samaradorligiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi. Bu ushbu materiallarga xos bo‘lgan elektr va issiqlik o‘tkazuvchanligining sezilarli anizotropiyasi, shuningdek, kristallanish jarayonida konsentratsiyaning bir xilligini shakllantirish tendensiyasi bilan bog‘liqdir.

REFERENCES

1. Karimberdi, O., Usmanov, Y., & Toolanboy, A. Semiconductor sensor for detecting volume changes at low temperatures. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, (2020). 7(2), 2353-2358.
2. Onarkulov, K., Gaynazarova, K., & Tashlanova, D. Termoelektrik samaradorlikni qotishmalardagi elektronlar va teshiklarning harakatchanligiga bog‘lanishi. *Science and innovation*, (2022). 1(A4), 56-59.
3. Gaynazarova Kizlarxon Isroilovna, Turg‘unboyeva Madina Salimjon qizi. PROPERTIES OF ELECTROPHYSICAL PARAMETERS OF SOLID ALLOYS BASED ON Sb-Bi-Te. STUDY OF STOICHIOMETRICAL COMPOSITION IN OBTAINING TERTIARY COMPOUNDS. Scientific aspects and trends in the field of scientific research International scientific-online conference Part 9 APRIL 30th collections of scientific works Warsaw 2023. P. 67-69.
4. G‘aynazarova Kizlarxon Isroilovna. CHARACTERISTICS OF MOBILITY IN TERTIARY SOLID SOLUTIONS. Материалы международной конференции «Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниковых микро- и наноструктурах» Фергана-2023.с.112-114.
5. Q.I.Gaynazarova. CRYSTAL STRUCTURE OF CHALCOGENIDES OF THERMOELECTRIC ALLOYS BASED ON $\text{Bi}_2(\text{B}^{\text{VI}})_3$ and $\text{Sb}_2(\text{B}^{\text{VI}})_3$, ($\text{B}^{\text{VI}}-\text{Se}$, Te). Материалы международной конференции «Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниковых микро- и наноструктурах» Фергана-2023.с.110-112.
6. K.Onarkulov, K.G‘aynazarova. THERMAL CONDUCTIVITY OF THERMOELECTRIC COMPOUNDS BASED ON $\text{Bi}_2(\text{BVI})_3$ va $\text{Sb}_2(\text{BVI})_3$, ($\text{B}^{\text{VI}}-\text{Se}$, Te). Материалы международной конференции «Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниковых микро- и наноструктурах» Фергана-2023.с.26-27.
7. Onarkulov, M., & Gaynazarova, K. (2024, March). Effect of chalcogens on Bi-Sb (Se-Te) based alloys made under inert gas pressure. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.

YARIMO‘TKAZGICH TAQIQLANGAN ZONASINI KENGLIGINI

HARORATGA BOG‘LIQLIGI SPEKTRINI ANIQLASH

N.G‘. Ibragimova

Namangan muhandislik-texnologiyalari instituti

usmonovanilufar6@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ishda taklif etilgan model yordamida Si va Ge yarimo'tkazgichlarni taqiqlangan zonasini haroratga bog'liqligi spektrlari aniqlandi va tadqiq qilindi. Nokristal materiyallar uchun elektronlar holatlari zichligi o'sha darajada kristal materiyallar uchun xam mos kelishi ko'rsatib o'tiladi.

Kalit so'zlar. Holatlar zichligi, spektr, matematik model, taqiqlangan zona, nokristal va kristal materiyallar

Taqiqlangan zonadagi holatlar masalasi muhim ahamiyatga ega masala hisoblanadi. Ushbu modelda zonalar dumi soxasiga to'g'ri keluvchi energiyada “harakatchanlik chegarasi” tushunchasi kiritildi. Harakatchanlik chegarasi ilgarrqda Mott tomonidan kiritilgan lokallashgan va lokallashmagan holatlarni ajratuvchi kritik energiyalarga mos keladi. O'tkazuvchanlik va valent zonadagi harakatchanlik chegaralari energiyalari farqi “harakatchanlik bo'yicha taqiqlangan zona” deb ataladi. Taqiqlangan zona chegaralari E_c va E_v energiyaga mos keluvchi holatlar zichligi qiymatini N_k orqali belgilaymiz [1]. U xolda taqiqlangan zona chegaralari energiyalari quyidagi tenglama yechimidan aniqlanadi:

$$N_s(E_0, T) = 2 \cdot N_v(T) \cdot \int_{\infty}^{E_v} (E_v - E)^{\frac{1}{2}} GN(E, E_0, T) dE + \sum_{i=1}^n N_{s_i}(E_i) GN(E, E_0, T) + 2 \cdot N_c(T) \cdot \int_{E_c}^{\infty} (E - E_c)^{\frac{1}{2}} GN(E, E_0, T) dE = N_k \quad (1)$$

Berilgan uchun tenglama (1) ni sonli yechimini topishda taqiqlangan zona chegaralari atrofida haroratga bog'liq bo'lgan ikkita yechim aniqlanadi, $E_c(T)$ o'tkazuvchanlik va $E_v(T)$ valent zona chegarasida. U xolda tanlangan haroratda taqiqlangan zona kengligi $E_g(T)$, $E_c(T)$ va $E_v(T)$ lar ayirmasi bilan aniqlanadi.

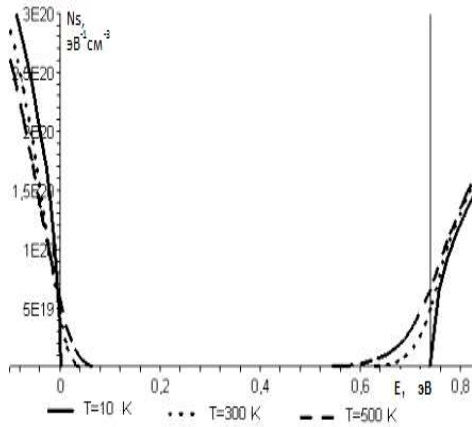
$$E_g(T) = E_c(T) - E_v(T) \quad (2)$$

N_k ning qiymati eksperiment natijalaridan aniqlanadi. Ikki xil harorat $T=0$ K va $T=300$ K uchun $E_g(T)$ ning qiymati mos ravishda, $E_g(0)=0.74\text{эВ}$ va $E_g(300)=0.66\text{эВ}$ эВ. Energetik holatlarning joylashishi quyidagicha bo'lsin,

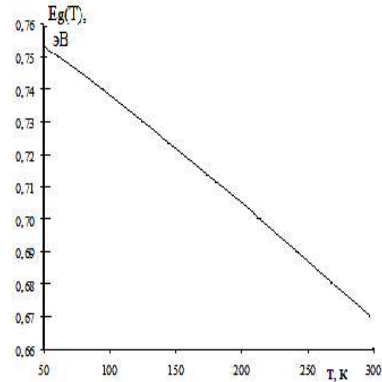
$E < 0$ holatiga valent zona va $E > E_g(0)$ holatiga o'tkazuvchanlik zonalarda energetik holatlar zich joylashgan, energetik holatlar mavjud bo'lmagan $0 < E < E_g(0)$ taqiqlangan zona. Endi munosabat (1) dan $E_g(300)=0.66$ эВ holatiga N_k ni aniqlaymiz. Boshlanishiga taqiqlangan zonada diskret holatlar mavjud emas deb qaraymiz (1-rasm). Taqiqlangan zona kengligini o'zgarish modeli bilan sonli tahlil o'tkazamiz. 2-rasmda 10 K – 300 K harorat oralig'i uchun taqiqlangan zona kengligini haroratga bog'liq o'zgarishi ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, yuqori haroratlarda nazariy olingan taqiqlangan zona kengligini haroratga bog'liq o'zgarishini optik o'lchashlar yordamida olingan taqiqlangan zona kengligini haroratga bog'liq o'zgarishi eksperimenti natijalari bilan mos keladi. Nazariy va eksperimental natijalarning to'la mos emasligi turli sabablar bilan tushuntiriladi [2]. Bu holat taqiqlangan zona kengligini haroratga bog'liq o'zgarishiga sabab bo'ladigan bir nechta mexanizmlarning birgalikdagi ta'siri natijasi bo'lishi mumkin. Biz masalani soddalashtirishda energetik holatlarning termik kengayishi ta'sirini qoldirib boshqa ta'sir mexanizmlarni inobatga olmay turamiz. Taqiqlangan zonadagi diskret holatlarni taqiqlangan zona kengligini haroratga bog'liq o'zgarishiga ta'sirini ko'rib chiqamiz. Masalani soddaroq xolatda, taqiqlangan zonada o'tkazuvchanlik zonasi tubi yaqinida uchta E_1, E_2, E_3 va valent zonasi shipi yaqinida E_4, E_5, E_6 uchta energetik holatlar mavjud deb qaraymiz (3-rasm). Bu holatda xam taqiqlangan zona kengligini haroratga bog'liq o'zgarishi yuqorida ko'rilgan kabi aniqlanadi. 4-rasmda nazariy hisoblangan taqiqlangan zona kengligini haroratga bog'liq o'zgarishi (yaxlit chiziq) va eksperimental natija (punktir chiziq) lar keltirilgan. Past haroratda taqiqlangan zona kengligini haroratga bog'liq o'zgarishi grafigi chiziqli holatidan chetlashadi.

Nazariy hisoblarda bu chetlashish biz taqiqlangan zonaga qo'shimcha diskret holatlarni kiritganimizdan so'ng sodir bo'ldi. Oxirgi ko'rilgan rasm ga ko'ra, $E_g(T)$

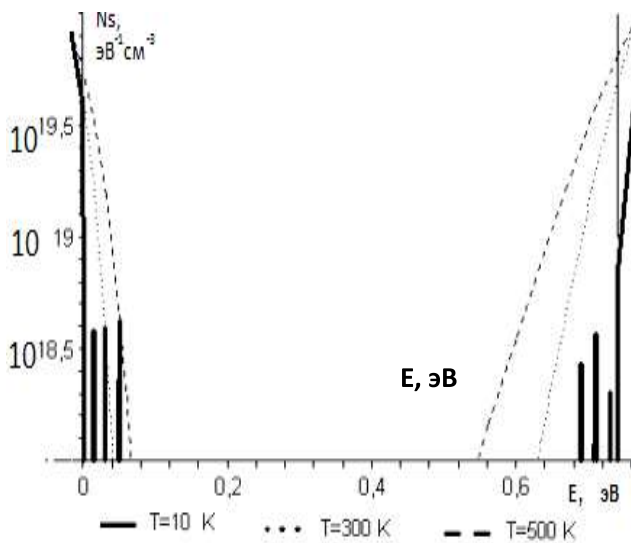
Nazariy xisoblarda bu chetlashish biz taqiqlangan zonaga qo'shimcha diskret holatlarni kiritganimizdan so'ng sodir bo'ldi.



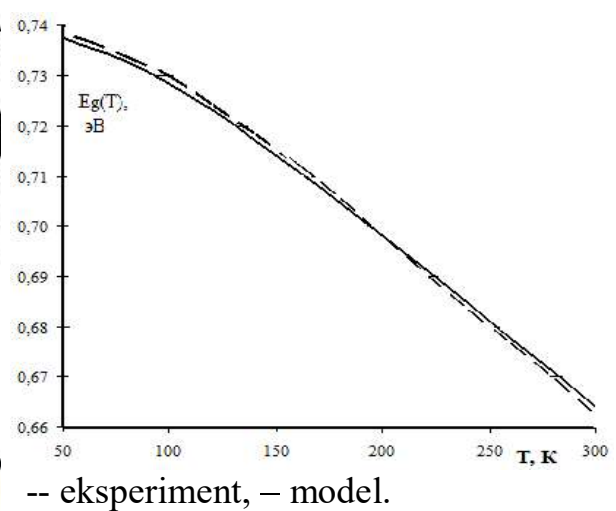
1-rasm. Turli haroratlar uchun holatlar zichligi spektri, diskret holatlar yo'q.



2-rasm. $E_g(T)$ – Taqiq zonasini haroratga bog'lanish grafigi



3-rasm. Turli haroratlar uchun holatlar zichligi spektri, diskret holatlar mavjud.



4-rasm. Taqiqlangan zonasini haroratga bog'lanish grafigi, diskret holatlar mavjud.

Oxirgi ko'rilgan rasm ga ko'ra,ning nazariy natijalari eksperiment natijalari bilan yaxshi xolatda kelishadi. Bundan xulosa qilib, $E_g(T)$ Nazariy xisoblarda bu chetlashish biz taqiqlangan zonaga qo'shimcha diskret holatlarni kiritganimizdan

so'ng sodir bo'ldi[3]. Oxirgi ko'rilgan rasimga ko'ra, $E_g(T)$ ning nazariy natijalari eksperiment natijalari bilan yaxshi xolatda kelishadi. Bundan xulosa qilib, $E_g(T)$ to'g'ri chiziqni past haroratda past energiya tomon egrilanishi yarmo'tkazgich taqiqlangan zona chegaralari yaqinida qo'shimcha diskret holatlar mavjudligi natijasida sodir bo'ladi[4]. Taqiqlangan zona kengligini haroratga nisbatan o'zgarishi jarayoni modeli bilan sonli tahlili taqiqlangan zona kengligini haroratga bog'liqligi namunaning zonalaridagi energetik holatlarning taqsimotiga bog'liq bo'lishini ko'rsatdi[5]. Taqiqlanmagan zonalar yaqinidagi taqiqlangan zonaga qo'shimcha diskret holatlarni mavjudligi taqiqlangan zona kengligini haroratga nisbatan o'zgarishi chizig'i chiziqli xolatdan chetlashishiga olib keladi. Past haroratlarda Ge taqiqlangan zona kengligini kichik energiya tomonga egrilanishi sodir bo'ladi (4-rasm).

Nazariy olingan taqiqlangan zona kengligini haroratlarga bog'liqligi natijalari eksperimental natijalar bilan kattaliklar darajasiga ko'ra ustma-ust tushadi[6]. Bundan kelib chiqadiki, o'tkazuvchanlik va valent zonadagi energetik holatlarning termik kengayishi taqiqlangan zonani sezilarli darajada o'zgartirishi mumkin va xolatga ta'sir etuvchi boshqa mavjud mexanizmlar bilan birgalikda yarimo'tkazgichlarda taqiqlangan zona kengligini haroratlarga bog'liqligini tushuntirib beradi.

ADABIYOTLAR

1. Гулямов Г., Шарибаев Н. Ю. Температурная зависимость ширины запрещенной зоны Si и связь с тепловым уширением плотности состояний // Физическая инженерия поверхности 2012, т.10, №2с.4-8.
2. Гулямов Г., Шарибаев Н. Ю. Тепловое уширение плотности состояний и температурная зависимость ширины запрещенной зоны Ge // Физическая инженерия поверхности 2012, т.10, № 4 с.308-312.
3. Гулямов Г., Шарибаев Н. Ю. Исследования температурной зависимости ширины запрещенной зоны Si и Ge с помощью модели. // Физическая инженерия поверхности 2013, т.11, № 2 с.231-237
4. Ibragimov R. Methodology of teaching physics in vocational schools //Science and innovation. – 2023. – Т. 2. – №. B9. – С. 206-210.
5. Rahimjon I. Methods of conducting an experiment in physics in a credit-modular system //Academia Repository. – 2024. – Т. 5. – №. 1. – С. 203-205.

6. Ibragimov R. Kasb-hunar maktablarida fizika fanini o'rganishda o'quvchilar o'rtasida eksperimental ko'nikmalarni shakllantirish //Farg'ona davlat universiteti. – 2024. – №. 1. – С. 17-17.

RUX OKSIDLAR ASOSIDA OLINGAN YUPQA QATLAMLARNING ELEKTROFIZIK VA OPTIK XUSUSIYATLARI: ILMIY VA AMALIY AHAMIYATI

N.A. Sultonov, Z. Mirzajonov, F.T. Yusupov

Farg'ona politexnika instituti

yusupov.fizika@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqola ZnO asosidagi yupqa qatlamlarning elektrofizik va optik xususiyatlarini o'rganishga bag'ishlangan bo'lib, ularning ilmiy va amaliy ahamiyatini yoritadi. Tadqiqot doirasida ZnO filmlarining elektr xarakteristikalarini, jumladan oqim chiqarish kuchlanishi va ideal faktor kabi parametrlarni tahlil qilindi. Shuningdek, fotolyuminestsensiya (PL) spektrlari orqali filmlarning yorqinligi va kristall sifati baholandi. X-ray difraksiya tahlili (XRD) yordamida ZnO filmlarining nanokristall tuzilishi aniqlandi.

Kalit so'zlar: ZnO yupqa qatlamlar, fotolyuminestsensiya spektrlari, X-ray difraksiya tahlili (XRD), optoelektronik qurilmalar, quyosh panellari

ZnO asosidagi yupqa qatlamlar olish va ularning elektrofizik hamda optik xususiyatlarini o'rganish sohasidagi ilmiy izlanishlar, ushbu materialning keng qo'llanilishi mumkin bo'lgan sohalarda muhim o'rinni egallaydi. ZnO yorug'lik chiqaruvchi diodlar (LED), quyosh panellari, sensorlar va boshqa ko'plab optoelektronik qurilmalarda keng qo'llanilishi mumkinligi bilan alohida ahamiyatga ega. Tadqiqotlarimizda, ZnO filmlarining elektr xarakteristikalarini tahlil qildik, jumladan, oqim chiqarish kuchlanishi va ideal faktor kabi parametrlar o'rganildi. Xususan, Ni-ZnO-pSi-Ni tuzilmasi uchun volt-amper xarakteristikalarida omik, kvadratik va kubik mintaqalar aniqlandi, bu tuzilmalarning diod kabi xulq-atvori va minimal sizinti oqimini ko'rsatadi. Fotolyuminestsensiya (PL) spektrlari ZnO filmlarining yorqinligi va kristall sifatini namoyish etdi, bu esa yuqori sifatli optik